



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 10 971 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
H 04 L 12/26
H 04 L 1/14
G 04 F 10/00
// G 01 R 29/00

②① Aktenzeichen: 197 10 971.3
②② Anmeldetag: 17. 3. 97
④③ Offenlegungstag: 24. 9. 98

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Breithaupt, Rolf, Dipl.-Ing., 76307 Karlsbad, DE;
Döbrich, Udo, Dipl.-Inform., 76307 Karlsbad, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 195 27 061 A1
US 55 21 907
US 54 77 531
US 52 26 036
US 50 95 444
US 34 53 592
EP 03 89 754 A2

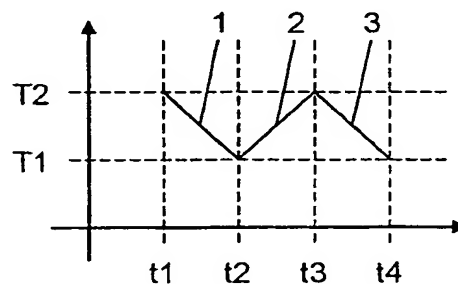
JP 64-64433 A., In: Patent Abstracts of Japan;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Bestimmung der Laufzeit eines Telegramms sowie Teilnehmer zur Durchführung des Verfahrens

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Laufzeit eines Telegramms zwischen zwei Teilnehmern (T1, T2) in einem Bussystem, bei welchem ein erster Teilnehmer (T2) ein Telegramm (1) an einen zweiten Teilnehmer (T1) sendet und nach dem Senden des Telegramms eine Zeitmeßeinrichtung startet, der zweite Teilnehmer (T1) unmittelbar nach Empfang des Telegramms ein Antworttelegramm (2) an den ersten Teilnehmer (T2) sendet und der erste Teilnehmer (T2) bei Ankunft des Antworttelegramms (2) die Zeitmeßeinrichtung stoppt und aus der gemessenen Zeit ($t_3 - t_1$) die Laufzeit eines Telegramms berechnet. Die Erfindung wird vorteilhaft zur Synchronisation von Teilnehmern in einem Bussystem angewendet.

Die Erfindung wird angewandt in Bussystemen.



DE 197 10 971 A 1

DE 197 10 971 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Laufzeit eines Telegramms zwischen zwei Teilnehmern in einem Bussystem sowie einen Teilnehmer zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

Aus der DE 39 06 467 A1 ist bekannt, daß für zeitkritische Anwendungen, beispielsweise für zeitgleiche Meßwerterfassung bei Regelvorgängen, in einem verteilten System eine Synchronisation vorgenommen werden muß. Ein verteiltes System besteht aus einer Mehrzahl von Teilnehmern, beispielsweise Sensoren und Aktuatoren, die über einen Bus zur Datenübertragung miteinander verbunden sind. Die zur Datenübertragung in den Teilnehmern erforderlichen Einrichtungen und der Bus selbst werden zusammenfassend als Bussystem bezeichnet. Zur Synchronisation der Teilnehmer im Bussystem wird durch einen zentralen Teilnehmer eine Synchronisiernachricht an die weiteren Teilnehmer gesendet, die beispielsweise dazu benutzt werden kann, eine gleichzeitige Erfassung von Meßwerten bestimmte Teilnehmer zu veranlassen. Dabei wird nicht berücksichtigt, daß bei der Übertragung von Telegrammen zwischen Sender und Empfänger Laufzeiten durch das Übertragungsmedium entstehen, die insbesondere durch die Entfernung und die physikalische Übertragungsgeschwindigkeit der Signale auf dem Übertragungsmedium bestimmt werden. Je nach geforderter Synchronisationsgenauigkeit kann dies bei Bussystemen von geringer räumlicher Ausdehnung und einfacher Topologie zulässig sein.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Bestimmung der Laufzeit eines Telegramms zwischen zwei Teilnehmern in einem Bussystem zu finden, damit bei zeitkritischen Telegrammen eine Korrektur vorgenommen und auch bei komplexeren Bussystemen höhere Anforderungen an die Synchronisationsgenauigkeit von Teilnehmern erfüllt werden können. Zudem ist ein zur Durchführung des Verfahrens geeigneter Teilnehmer für ein Bussystem zu schaffen.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist das neue Verfahren die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale auf. In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens beschrieben. Ein neuer, für die Durchführung des Verfahrens geeigneter Teilnehmer ist entsprechend den im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 7 angegebenen Merkmalen ausgestaltet.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß eine größere Synchronisationsgenauigkeit zwischen Teilnehmern erreicht werden kann, als die Laufzeitdifferenzen von Telegrammen zu verschiedenen Teilnehmern betragen. Wird beispielsweise eine Genauigkeit von 1 µs gefordert, so dürfte die räumliche Ausdehnung des Bussystems höchstens 200 m betragen, da je Kilometer Kabel etwa mit 5 µs Laufzeit gerechnet werden muß. Dies entspricht etwa 2/3 der Lichtgeschwindigkeit. Die Laufzeit wird zudem bei komplexeren Bussystemen, die sich über größere räumliche Entfernungen erstrecken oder in verschiedene Bussegmente unterteilt sind, beispielsweise durch Verstärker oder Repeater vergrößert. Insbesondere bei Bussystemen, bei denen die Topologie und die räumliche Ausdehnung veränderlich ist, bringt eine automatische Bestimmung der Telegrammlaufzeit Vorteile. Veränderungen können beispielsweise auftreten, wenn Teilnehmer nur temporär oder an verschiedenen Orten angeschlossen werden. Dabei wirkt sich auch vorteilhaft aus, daß die Bestimmung der Laufzeit zu jedem beliebigen Zeitpunkt durchgeführt werden kann. Verändert sich die Topologie des Bussystems ständig, so werden Laufzeittests unmittelbar vor Synchronisierungsvorgängen durchgeführt.

Synchronisierungsvorgänge können beispielsweise darin be-

stehen, daß in einem Telegramm von einem zentralen Teilnehmer die aktuelle Uhrzeit an die übrigen Teilnehmer im Bussystem übertragen wird und diese ihre Uhren auf den empfangenen Wert einstellen. Zur exakten Synchronisierung müssen die Einstellvorgänge in den Teilnehmern mit geringerer Telegrammlaufzeit verzögert werden, bis auch der Teilnehmer, der zuletzt das Telegramm empfängt, seine Uhr einstellen kann. Die eingestellte Uhrzeit wird gegenüber der beim zentralen Teilnehmer zum Sendezeitpunkt herrschenden Uhrzeit um die maximale Laufzeit korrigiert.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die vom zentralen Teilnehmer empfangene Uhrzeit jeweils um die Laufzeit des Synchronisiertelegramms in den übrigen Teilnehmern zur Ermittlung der aktuellen Uhrzeit zu korrigieren.

Ein ähnlicher Synchronisierungsvorgang ist auch erforderlich, wenn in verschiedenen Teilnehmern gleichzeitige Aktionen, beispielsweise das Erfassen von Meßwerten, vorgenommen werden sollen.

Eine Kenntnis der Telegrammlaufzeit ist auch in dem Fall von Vorteil, wenn ein Telegramm zu einem vorbestimmten Zeitpunkt bei einem Teilnehmer vorliegen muß. Der Sender kann dann diese Laufzeitinformation berücksichtigen und das Telegramm entsprechend früher aussenden.

In dem Verfahren zur Bestimmung der Laufzeit können durch den jeweiligen Empfangsteilnehmer verursachte Verzögerungszeiten zwischen dem Empfang des letzten Zeichens eines Telegramms und Aussenden des ersten Zeichens des Antworttelegramms, falls sie aufgrund der geforderten Synchronisationsgenauigkeit nicht mehr vernachlässigbar sind, ohne weiteres durch eine Korrektur der gemessenen Laufzeit um einen entsprechenden Betrag berücksichtigt werden, da diese Verzögerungszeiten teilnehmerspezifisch und unabhängig von der jeweiligen Topologie des Bussystems konstant sind. Von Vorteil ist auch, daß eine Verzögerung beim sendenden Teilnehmer, z. B. beim Ergreifen der Sendeberechtigung, das Verfahren nicht beeinflusst, da erst nach dem Senden des Telegramms, beispielsweise wenn das letzte Bit den sendenden Teilnehmer verläßt, die Zeitmessung gestartet wird.

Werden in einem Bussystem die Laufzeiten für alle Verbindungen zwischen beliebigen Teilnehmern ermittelt und in einem der Teilnehmer zusammengetragen, so kann durch diesen die tatsächliche Netztopologie bestimmt werden. Aus diesen Informationen sind auch die tatsächlichen Entfernungen zwischen den Teilnehmern errechenbar. Wird bei veränderlicher Topologie des Bussystems die Laufzeitmessung in Abständen wiederholt durchgeführt und werden die neuen Werte mit den Werten früherer Messungen verglichen, so sind auch Veränderungen der Topologie erkennbar. Mit Hilfe von zyklisch automatisch ablaufenden Laufzeitmessungen können Zeitparameter für das Bussystem ermittelt werden, die für statistische Auswertungen verwendbar sind.

Anhand der Zeichnungen, in denen Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind, werden im folgenden die Erfindung sowie Ausgestaltungen und Vorteile näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Bussystem,

Fig. 2 einen Teilnehmer,

Fig. 3 ein Zeitdiagramm der Laufzeitmessung und

Fig. 4 ein Zeitdiagramm einer Laufzeitmessung, bei dem die Telegrammlänge groß gegenüber der Laufzeit ist.

In Fig. 1 ist ein Bussystem dargestellt, das aus zwei Segmenten S1 und S2 besteht. An dem Segment S1 sind Teilnehmer T1 und T2 angeschlossen, an dem Segment S2 ein Teilnehmer T3. Die beiden Segmente S1 und S2 sind durch einen Repeater R miteinander verbunden. In einem technischen Anwendungsfall eines derartigen Bussystems können beispielsweise die Teilnehmer T1 und T3 Meßumformer zur

Erfassung der Temperatur bzw. des Drucks in einem Chemiereaktor und der Teilnehmer T2 eine Heizeinrichtung zur Wärmezufuhr an den Reaktor sein. Durch den Teilnehmer T2 werden zeitgleich die Meßwerte von den Teilnehmern T1 und T3 abgefragt und entsprechend einem Regelalgorithmus Stellgrößen für die Wärmezufuhr ermittelt. Damit die Meßwerte zeitgleich erfaßt werden können, müssen die Teilnehmer T1 und T3 zueinander synchronisiert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Laufzeiten eines Aufruftelegramms vom Teilnehmer T2 an die Teilnehmer T1 und T3 unterschiedlich sind.

Fig. 2 zeigt ein Beispiel für den internen Aufbau eines Teilnehmers, beispielsweise des Teilnehmers T2 in Fig. 1, der im wesentlichen eine Zeitmeßeinrichtung Z und eine Steuereinheit ST aufweist. Als Zeitmeßeinrichtung kann beispielsweise eine Uhr oder ein getakteter Zähler verwendet werden. Durch die Steuereinheit ST kann in die Zeitmeßeinrichtung Z über eine Leitung L1 ein Voreinstellwert geladen werden. Gestartet wird die Zeitmeßeinrichtung über eine Leitung L2, gestoppt über eine Leitung L3. Mit einer Leitung L4 ist die aktuelle Uhrzeit bzw. der Zählerstand durch die Steuereinheit ST aus der Zeitmeßeinrichtung Z auslesbar. Durch geeignete Programmierung der Steuereinheit ST wird durch zwei Teilnehmer, beispielsweise die Teilnehmer T1 und T2 in Fig. 1, ein anhand der Fig. 3 und 4 im folgenden erläutertes Verfahren zur Bestimmung der Telegrammlaufzeit durchgeführt.

Entsprechend Fig. 3, in welcher der Lauf von Telegrammen, deren Sende- bzw. Empfangszeit klein gegenüber der Laufzeit ist, über der Zeitachse dargestellt ist, sendet der Teilnehmer T2 zunächst ein Telegramm 1 zum Zeitpunkt t1 an den Teilnehmer T1 ab und startet nach dem Senden seine Zeitmeßeinrichtung. Der Teilnehmer T1 empfängt das Telegramm 1 und sendet unmittelbar nach dem Empfang zum Zeitpunkt t2 ein Antworttelegramm 2 an den Teilnehmer T2. Dieser stoppt bei Ankunft des Antworttelegramms 2 seine Zeitmeßeinrichtung zum Zeitpunkt t3. Der Teilnehmer T2 kann nun die Laufzeit eines Telegramms berechnen, da diese die Hälfte des Zeitintervalls t3-t1 beträgt. Damit auch der Teilnehmer T1 unabhängig vom Ergebnis des Teilnehmers T2 die Laufzeit berechnen kann, startet auch der Teilnehmer T1 nach dem Senden des Telegramms 2 zum Zeitpunkt t2 eine Zeitmeßeinrichtung und der Teilnehmer T2 sendet unmittelbar nach Empfang des Telegramms 2 zum Zeitpunkt t3 ein weiteres Antworttelegramm 3 an den Teilnehmer T1 zurück. Dieser stoppt bei Ankunft des Antworttelegramms 3 zum Zeitpunkt t4 seine Zeitmeßeinrichtung und berechnen nun ebenfalls die Telegrammlaufzeit, die als die Hälfte des Zeitintervalls t4-t2 bestimmt wird.

Für den Fall, daß die Sende- oder Empfangszeit eines Telegramms gegenüber der Laufzeit groß ist, wird das Verfahren anhand Fig. 4 veranschaulicht. Der Teilnehmer T2 beginnt zum Zeitpunkt t5 mit dem Senden eines Telegramms 4 durch Ausgabe eines ersten Bits oder Zeichens 5, das den Teilnehmer T2 zum Zeitpunkt t6 erreicht. Die Ausgabe des letzten Bits 6 des Telegramms 4 erfolgt zum Zeitpunkt t7. Dieses erreicht den Teilnehmer T1 zum Zeitpunkt t8, zu welchem das Telegramm 4 vollständig als empfangenes Telegramm 4' beim Teilnehmer T1 vorliegt. Mit dem Aussenden des letzten Bits 6 startet der Teilnehmer T2 eine Zeitmeßeinrichtung. Unmittelbar nach Erhalt des letzten Bits 6 sendet der Teilnehmer T1 ein erstes Bit 7 eines Antworttelegramms 8 an den Teilnehmer T2, das dieser zum Zeitpunkt t9 empfängt. Das letzte Bit 9 des Telegramms 8 wird zum Zeitpunkt t10 gesendet und zum Zeitpunkt t11 vom Teilnehmer T2 empfangen, zu welchem das Antworttelegramm 8 diesen als Telegramm 8' vollständig erreicht hat. Mit Empfang des ersten Bits 7 stoppt der Teilnehmer T2 zum Zeit-

punkt t9 seine Zeitmeßeinrichtung und ermittelt die Telegrammlaufzeit als die Hälfte des Zeitintervalls t9-t7. Gegebenenfalls kann ein weiteres Antworttelegramm des Teilnehmers T2 an den Teilnehmer T1 folgen, damit auch der Teilnehmer T1 entsprechend dem anhand Fig. 3 beschriebenen Verfahren die Laufzeit berechnen kann. Die Laufzeit kann diesem aber auch in einem Datentelegramm mitgeteilt werden.

In analoger Vorgehensweise können auch Telegrammlaufzeiten zwischen den Teilnehmern T2 und T3 sowie den Teilnehmern T1 und T3 im Bussystem nach Fig. 1 gemessen werden.

Die Art, in der die gemessenen Laufzeiten zur Korrektur bei zeitkritischen Telegrammen verwendet werden, ergibt sich aus den Anforderungen, die von der jeweiligen Anwendung gestellt werden:

- Wenn beispielsweise ein Telegramm zu einem bestimmten Zeitpunkt bei einem Empfänger sein muß, damit in dem Empfänger eine Aktion ausgelöst wird, muß der Sendezeitpunkt um die Laufzeit korrigiert werden. Der Sender kennt den Zeitpunkt, zu welchem die Daten beim Empfänger sein müssen. Die Laufzeit ist bereits berechnet und die Sendezeit aufgrund der festen Datenrate des Bussystems bekannt. Der Sender kann die Laufzeit in einfacher Weise berücksichtigen, indem das Telegramm entsprechend früher an den Empfänger gesendet wird.

- Muß in einem anderen Fall eine Nachricht bei zwei Empfängern zeitgleiche Aktionen auslösen, so bietet sich ein anderes Korrekturverfahren an. Das Telegramm wird vom Sender an beide Empfänger, beispielsweise durch eine Multicast-Nachricht in einem seriellen Bussystem, gesendet. In dem Empfänger, welchen das Telegramm aufgrund einer kürzeren Laufzeit früher erreicht, wird die Weitergabe oder die Einleitung der Aktion verzögert. Die benötigte Verzögerungszeit ergibt sich aus der Differenz zwischen der maximalen Laufzeit des Telegramms im Bussystem und der Telegrammlaufzeit zum jeweiligen Empfänger. Dieses Verfahren kann auch mit mehr als zwei empfangenden Teilnehmern durchgeführt werden. Es ist beispielsweise auch anwendbar, um in mehreren Teilnehmern vorhandene Uhren zu synchronisieren.

Auch eine zeitliche Staffelung von Aktionen verschiedener Teilnehmer in einem Bussystem mit genauen Zeitabständen der Aktionen ist aufgrund der hohen Synchronisiergenauigkeit mit geringen relativen Zeitschwankungen möglich. Die genannten Korrekturverfahren können auch in Kombination angewendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Laufzeit eines Telegramms zwischen zwei Teilnehmern in einem Bussystem, **dadurch gekennzeichnet**,

- daß ein erster Teilnehmer (T2) ein Telegramm (1) an einen zweiten Teilnehmer (T1) sendet und nach dem Senden des Telegramms (1) eine Zeitmeßeinrichtung (Z) startet,
- daß der zweite Teilnehmer (T1) unmittelbar nach Empfang des Telegramms (1) ein Antworttelegramm (2) an den ersten Teilnehmer (T2) sendet und
- daß der erste Teilnehmer (T2) bei Ankunft des Antworttelegramms (2) die Zeitmeßeinrichtung (Z) stoppt und aus der gemessenen Zeit (t3-t1) die

Laufzeit eines Telegramms berechnet.

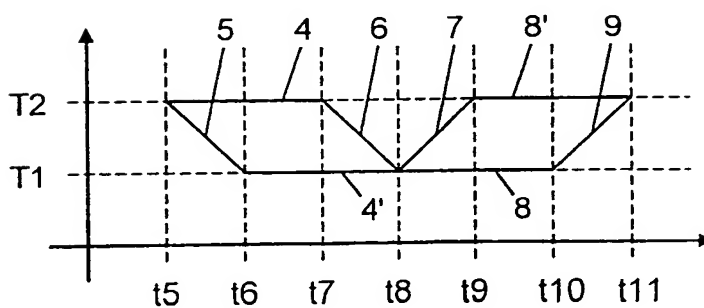
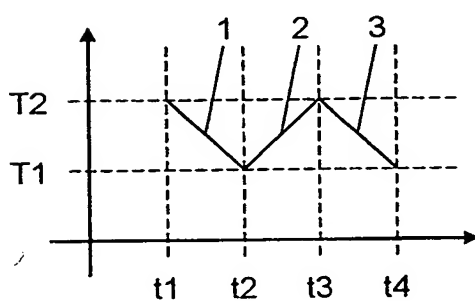
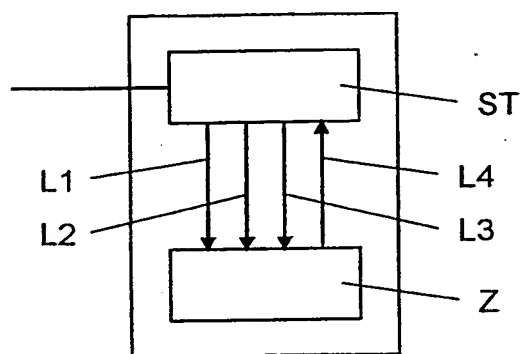
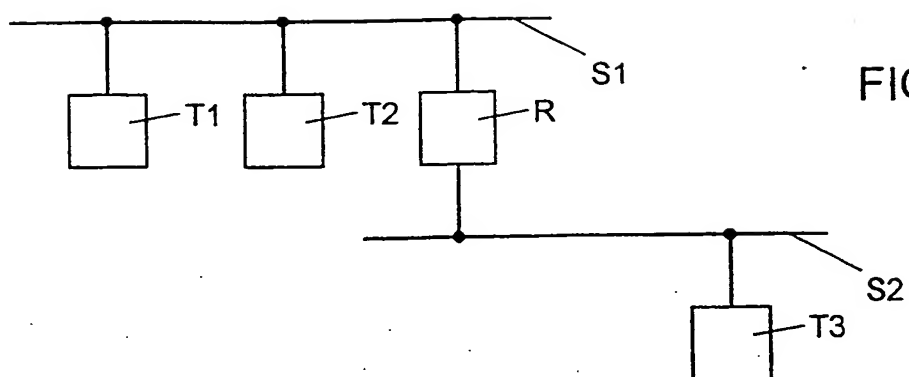
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 - daß der zweite Teilnehmer (T1) nach dem Senden des Antworttelegramms (2) eine Zeitmeßeinrichtung startet, 5
 - daß der erste Teilnehmer (T2) unmittelbar nach Empfang des Antworttelegramms (2) ein zweites Antworttelegramm (3) an den zweiten Teilnehmer (T1) sendet und 10
 - daß der zweite Teilnehmer (T1) bei Ankunft des zweiten Antworttelegramms (3) seine Zeitmeßeinrichtung stoppt und aus der gemessenen Zeit ($t_4 - t_2$) die Laufzeit eines Telegramms berechnet. 15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
 - daß die Zeitmeßeinrichtung (Z) jeweils nach dem Senden des letzten Zeichens oder Bits (6) eines Telegramms (4) gestartet und nach dem Empfang des ersten Zeichens oder Bits (7) des zugehörigen Antworttelegramms (8) gestoppt wird. 20
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - daß der erste Teilnehmer (T2) nacheinander für die Teilnehmer (T1, T3) im Bussystem, an die er zeitkritische Telegramme sendet, die jeweilige Telegrammlaufzeit bestimmt. 25
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
 - daß der erste Teilnehmer (T2), bevor er an mehrere Teilnehmer (T1, T3) gleichzeitig ein zeitkritisches Telegramm sendet, an diese jeweils einen Korrekturwert überträgt, um den das zeitkritische Telegramm in den empfangenden Teilnehmern (T1, T3) verzögert werden muß, damit es bei allen empfangenden Teilnehmern (T1, T3) gleichzeitig verarbeitet wird, wobei der jeweilige Korrekturwert der aus der größten Laufzeit und der Laufzeit für den jeweiligen Teilnehmer gebildeten Differenz entspricht. 30 35 40
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - daß der erste Teilnehmer (T2) ein Telegramm, das zu einem vorbestimmten Zeitpunkt bei anderen Teilnehmern (T1, T3) ankommen muß, um die jeweilige Laufzeit früher sendet. 45
7. Teilnehmer zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - daß eine Zeitmeßeinrichtung (Z) und eine Steuereinheit (ST) vorhanden sind, derart, daß die Zeitmeßeinrichtung (Z) nach dem Senden eines Telegramms (1) gestartet und bei Ankunft eines Antworttelegramms (2) gestoppt wird, und 50 55
 - daß durch die Steuereinheit (ST) aus der gemessenen Zeit ($t_3 - t_1$) die Laufzeit eines Telegramms berechenbar ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -



2/9/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012090476 **Image available**

WPI Acc No: 1998-507387/199844

XRPX Acc No: N98-395580

Propagation timing method for sending telegram between two subscribers in

bus system - assisting synchronisation e.g. of measurements in control process by collaborative timing operations on message, reply and acknowledgement

Patent Assignee: SIEMENS AG (SIEI)

Inventor: BREITHAUP T R; DOEBRICH U

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19710971	A1	19980924	DE 1010971	A	19970317	199844 B

Priority Applications (No Type Date): DE 1010971 A 19970317

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19710971	A1	5	H04L-012/26	

Abstract (Basic): DE 19710971 A

The method times the travel of a message from one subscriber (T2) to another (T1). The sender starts (L2) a timing clock or counter (Z) into which a preset value can be loaded (L1) by a controller (ST). The current time or count can be read out (L4) by the controller which is programmed to enable subscribers to collaborate in the timing. The recipient returns an immediate reply to the sender, who stops the clock or counter and performs a readout. For corroboration, the recipient also starts a clock at the instant of reply, and reads out the time of reception of an acknowledgment from the sender. ADVANTAGE - Improves precision of synchronisation, especially in more complex bus systems and those with variable topology and spatial extent.

Dwg.1,2/4

Title Terms: PROPAGATE; TIME; METHOD; SEND; TELEGRAM; TWO; SUBSCRIBER; BUS;

SYSTEM; ASSIST; SYNCHRONISATION; MEASURE; CONTROL; PROCESS; TIME; OPERATE ; MESSAGE; REPLY; ACKNOWLEDGE

Derwent Class: T01; W01

International Patent Class (Main): H04L-012/26

International Patent Class (Additional): G04F-010/00; H04L-001/14

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): T01-G02A2D; T01-H07C5A; W01-A01A; W01-A04X; W01-A06A; W01-A06B1

